

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 101 38 455.6

Anmeldetag: 04. August 2001

Anmelder/Inhaber: Braun GmbH, 61476 Kronberg/DE

Bezeichnung: Verfahren zum Aufheizen von Flüssigkeit für
ein Gerät mit Heizelement, insbesondere einen
Wassererhitzer

IPC: H 05 B, A 47 J

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 20. Januar 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Klostermeyer'.

Klostermeyer

Verfahren zum Aufheizen von Flüssigkeit für ein Gerät mit Heizelement, insbesondere einen Wassererhitzer

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Aufheizen von Flüssigkeit für ein Gerät mit Heizelement, insbesondere einen Wassererhitzer gemäß den Merkmalen des Anspruchs 1.

Aus dem Stand der Technik sind bereits Verfahren zum Aufheizen von Nahrungsmitteln bekannt. So beschreibt die deutsche Patentschrift DE 36 42 181 C1 ein Verfahren und eine Anordnung zum Beeinflussen der Gar- bzw. Kochzeit bei einem Kochgefäß. Dabei wird die Temperatur am bzw. im Kochgefäß erfaßt. Die Gar- bzw. Kochzeit wird mittels eines einstellbaren Zeitglieds vorgegeben. Die Kochplatte wird eine gewisse Zeit vor Ablauf der vorgegebenen Gar- bzw. Kochzeit abgeschaltet. Durch die beim Aufwärmvorgang aus dem zeitlichen Temperaturverlauf des Kochguts bestimmte Wärmekapazität wird die Dauer des Abkühlvorgangs berechnet. Allerdings wird bei dem in der DE 36 42 181 C1 beschriebenen Verfahren nicht die Trägheit des Temperatursensors aufgrund seiner Einbaulage oder geringer Empfindlichkeit berücksichtigt. Daher übersteigt die tatsächliche Kesseltemperatur des Systems die gewünschte Nenntemperatur bis diese wieder durch Abkühlen angeglichen wird. Es handelt sich um ein Überschwingen des Systems, welches je nach Differenz zwischen tatsächlicher und Sensortemperatur zu unnötigem Einsatz von Heizleistung führt.

Ferner wird in der britischen Patentanmeldung GB 21 91 024 A ein Verfahren zum Regeln eines Kochgerätes offenbart. Bei einem Kochgerät wird dabei das Kochgut in Schritten aufgewärmt und danach für eine vorbestimmte Zeit abgekühlt. Während dieses schrittweisen Aufwärmprozesses wird die Wärmekapazität des Systems berechnet, womit die Garzeit des Kochguts bestimmt werden kann. Allerdings werden Abweichungen der tatsächlichen Temperatur im System von der an einem Temperatursensor gemessenen Temperatur bei diesem Verfahren nicht berücksichtigt.

Ferner ist ein mechanisches Thermostat bekannt, das eine Temperaturwahlmöglichkeit von 80°C bis 100°C bietet. Nachteil dieses mechanischen Thermostats ist es, daß dieses keine Anpassungsmöglichkeit an die Füllmenge bzw. Wärmekapazität eines entsprechenden Behälters bietet. Die eingestellte Zieltemperatur wird i.d.R. nur bei einer bestimmten Füllmenge

erreicht. Ferner ist der Wahlbereich bei mechanischen Lösungen stark eingeschränkt. Ein Überspringen läßt sich daher praktisch nicht verhindern.

Aus der europäischen Patentanmeldung EP 0 380 369 A1 ist weiterhin ein Verfahren zur Regelung eines elektrischen Heizelements, insbesondere eines Wasserkochers bekannt. Dabei wird bei einer Erwärmung von Wasser die zeitliche Änderung der Temperatur gemessen. Das Erreichen des Siedepunktes wird dann erkannt, wenn die zeitliche Änderung der Temperatur abfällt bzw. null wird. Beim Erreichen des Siedepunktes findet trotz weiterer Energiezufuhr keine weitere Erwärmung des Wassers statt, da bei dieser Temperatur ein Phasenübergang des Wassers vom flüssigen in den dampfförmigen Aggregatzustand erfolgt. Die zugeführte Energie wird benötigt, um dem Wasser die für den Phasenübergang benötigte latente Wärme zuzuführen. Bei diesem Verfahren wird also aus der zeitlichen Änderung der Temperatur abgeleitet, wann der Siedepunkt des Wassers erreicht wird, indem die zeitliche Änderung der Temperatur mit einem Schwellenwert verglichen wird, um, wenn dieser Schwellenwert in der Größenordnung von null unterschritten wird, zu erkennen, daß der Siedepunkt des Wassers erreicht ist. Auch hier wird dem Unterschied zwischen tatsächlicher Systemtemperatur und der am Temperatursensor gemessenen Temperatur keine Rechnung getragen. D.h., in Fällen, wo eine vorbestimmte Systemtemperatur erreicht werden soll, kommt es regelmäßig zum Überspringen.

Nachteil dieses Verfahrens ist es ferner, daß hier nur Temperatursensoren zur Anwendung kommen können, die sehr hohen Anforderungen der Meßgenauigkeit genügen müssen. Insbesondere muß ein „flinkes“ Sensorsystem verwendet werden, das auf Temperaturveränderungen schnell reagiert. Um diese Forderungen zu erfüllen, muß der Temperatursensor ferner unmittelbar mit dem Wasser in Berührung stehen, um möglichst schnell ein entsprechendes Sensorsignal genau in dem Moment zu erhalten, wenn das Wasser die Siedetemperatur erreicht. Außerdem ist dieses Verfahren sehr anfällig gegen absolute Fehler des Temperatursensors bei den einzelnen Messungen, da hier Anstiegswerte der Temperatur im unmittelbaren Bereich um null eine wesentliche Rolle spielen.

Schließlich ist aus der europäischen Patentanmeldung EP 0 704 186 A1 ein Verfahren zur Regelung der Wassertemperatur in einer Brühgetränkemaschine bekannt. Darin wird das Wasser in einem offenen Wasserbehälter zunächst bis zum Siedepunkt erhitzt. Dabei wird der Siedepunkt erreicht, indem das Wasser von der Ausgangstemperatur T_i bis zu einer

Temperatur T_{high} erhitzt wird, bei der das Wasser unter üblichen Umgebungsbedingungen sicher noch nicht siedet. Hierzu wird die zeitliche Änderung der Temperatur dT/dt beim Erhitzen von der Ausgangstemperatur T_i auf die Temperatur T_{high} ermittelt wird. Dies geschieht, indem bei Erreichen der Temperatur T_{high} aus der Differenz zwischen 100°C und T_{high} sowie aus der zeitlichen Änderung der Temperatur dT/dt eine Zeit t_{Heiz} ermittelt wird, und indem das Wasser bei Erreichen der Temperatur T_{high} während der Zeit t_{Heiz} weiter geheizt wird. Die Temperatur T_{high} beträgt dabei ca. 75°C . Allerdings wird auch hier der Meßfehler, d.h. die Differenz zwischen der am Temperatursensor gemessenen Temperatur und der im System tatsächlich vorhanden Temperatur nicht berücksichtigt. Extreme Betriebszustände werden überhaupt nicht berücksichtigt.

Der vorliegenden Erfindung liegt das technische Problem zugrunde, ein Verfahren zum Aufheizen von Flüssigkeit bei einem Gerät mit Heizelement, insbesondere einem Wasserkocher, zur Verfügung zu stellen, das die Nachteile des Standes der Technik vermeidet. Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren soll das thermische Überspringen der tatsächlichen Systemtemperatur über eine vorgewählte Zieltemperatur aufgrund einer zu spät abgeschalteten Heizung verhindert werden. Dies soll insbesondere auch bei unterschiedlichen Füllmengen des Flüssigkeitsbehälters und geringen Temperaturdifferenzen zwischen einer Starttemperatur und einer Zieltemperatur erreicht werden.

Dieses technische Problem wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltung und Weiterbildungen der Erfindung werden in den Unteransprüchen beschrieben.

Insbesondere wird durch das erfindungsgemäße Verfahren beim Erwärmen einer thermischen Kapazität ein thermisches Überspringen aufgrund einer zu spät abgeschalteten Heizung verhindert. Außerdem wird durch das Verfahren eine zeitliche Verzögerung zwischen Einschalten der Heizung und detektierbarer Erwärmung an einem Temperatursensor berücksichtigt. Trotz unterschiedlicher Füllmengen und unterschiedlicher Werte für eine Temperaturdifferenz zwischen einer Zieltemperatur und einer Starttemperatur kann mit dem erfindungsgemäßen Verfahren reproduzierbar eine voreingestellte Zieltemperatur erreicht werden. Ferner können durch das Verfahren kostengünstige Temperatursensoren bei entsprechenden Aufheizgeräten zum Einbau kommen.

Die voreingestellte Zieltemperatur kann dabei auch unterhalb der Siedetemperatur liegen. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn bereits einmal aufgekochtes Wasser oder Mineralwasser für die Zubereitung von Babynahrung verwendet wird. Ein anderes Beispiel ist die Zubereitung von grünem Tee mit bereits einmal aufgekochtem Wasser bzw. bei der Verwendung von Mineralwasser.

Gerade bei der Wiederverwendung von bereits aufgekochtem Wasser können sehr geringe Temperaturdifferenzen zwischen der Zieltemperatur und der Starttemperatur auftreten. Dies bedeutet ferner, daß die Starttemperatur sowohl über als auch unter der Umgebungstemperatur liegen kann.

Bei einer geringen Wasserfüllmenge und der daraus resultierenden geringen Wärmekapazität des Systems sowie einem relativ träge ansprechen Temperatursensor, d.h. bei einer langen Totzeitphase Δt_{tot} , kann die Temperaturdifferenz ΔT_{SZ} zwischen der vorgewählten Zieltemperatur T_{Ziel} und einer gemessenen Starttemperatur T_{Start} zu klein sein, um den Aufheizvorgang mit voller Heizleistung ohne Überspringen durchführen zu können. In diesem Fall wird die Temperaturdifferenz ΔT_{SZ} als ΔT_{klein} bezeichnet. Dann wird ein auf rein rechnerisch ermittelten Parametern beruhender gesteuerter Aufheizvorgang mit reduzierter Heizleistung durchgeführt, der nach Ablauf einer vorausberechneten Zeitspanne beendet wird.

Andernfalls, d.h. wenn die Temperaturdifferenz zwischen der vorgewählten Zieltemperatur und der gemessenen Starttemperatur ΔT_{SZ} größer als die Differenztemperatur ΔT_{klein} ist, wird ein geregelter Aufheizvorgang durchgeführt. Dies bedeutet, daß die Temperatur am Temperatursensor erfaßt und mit der voreingestellten Zieltemperatur verglichen wird. Dabei wird die Trägheit des Temperatursensors und die Wärmekapazität des Systems rechnerisch berücksichtigt. Bei Erreichen einer Endtemperatur T_{end} am Temperatursensor, die unterhalb der voreingestellten Zieltemperatur T_{Ziel} des Systems liegt, wird der Aufheizvorgang beendet.

Die Zieltemperatur wird hierdurch nach dem Temperatenausgleich im System ohne ein Überspringen der Temperaturführung zielgenau in einem vorgegebenen Toleranzband erreicht. Hierdurch wird die Wasserzubereitungszeit deutlich verkürzt. Außerdem wird Heizleistung und damit elektrische Energie eingespart, die sonst unnötig in den Aufheizvorgang fließen würde. Durch die Aufteilung des Verfahrens in zwei alternative Ausführungsprozeduren, einer bei geringem Abstand der Zieltemperatur von der Starttemperatur und einer bei

größerem Abstand der Zieltemperatur von der Starttemperatur, wird eine sichere Funktion auch in Grenzzuständen gewährleistet.

Die Merkmale der vorteilhaften Ausführungsform des Verfahrens nach Anspruch 2 lassen sich in der folgenden Formel ausdrücken:

$$C_{\text{sys}} = P_{\text{el}} \cdot \Delta t / \Delta T.$$

Dabei beschreibt C_{sys} die Wärmekapazität des Systems, während P_{el} die Heizleistung in Form von zugeführter elektrischer Leistung, ΔT die Temperaturdifferenz und Δt die Zeitspanne beschreibt.

Bei dem Verfahren zum Aufheizen von Flüssigkeit nach Patentanspruch 2 wird das Heizelement nur für kurze Zeit mit Heizleistung beaufschlagt, so daß selbst bei minimaler Füllmenge die Temperatur T_{end} noch nicht erreicht wird. Nach der kurzen Einschaltphase wird das Heizelement für eine vorbestimmte Wartezeit Δt_{wait} abgeschaltet. Dabei wird die Zeit Δt_{wait} so gewählt, daß die thermischen Ausgleichsprozesse in der Flüssigkeit abgeschlossen sind.

Die vorteilhafte Weiterbildung des Verfahrens zum Aufheizen von Flüssigkeit nach Patentanspruch 3 beschreibt eine mögliche Definition für ΔT_{klein} . Alternativ können auch feste Grenzwerte für ΔT_{klein} vorgegeben werden.

Die vorteilhafte Ausgestaltung des Verfahrens mit den Merkmalen des Patentanspruchs 4 berücksichtigt die thermischen Ausgleichsvorgänge im System und die Trägheit des Temperatursensors bzw. der Temperatursensoren. T_{end} ist dabei die am Temperatursensor gemessene Endtemperatur, zu welcher der Aufheizvorgang von der elektronischen Regelung beendet wird.

Bei der vorteilhaften Weiterbildung nach Patentanspruch 5 ist die Ansprechtemperatur T_{trig} von der Empfindlichkeit des Temperatursensors bzw. der Temperatursensoren abhängig. Als Ansprechtemperatur T_{trig} ist dabei die erste meßbare Temperatur zu verstehen, die sich von der Starttemperatur T_{start} unterscheidet. ΔT_{trig} ist dabei die Differenz aus Starttemperatur T_{start} und Ansprechtemperatur T_{trig} .

Die vorteilhafte Ausgestaltung des Verfahrens mit den Merkmalen des Patentanspruchs 6 ermöglicht es, daß der Kurvenverlauf der Temperaturkurve über der Zeit linear interpoliert werden kann.

Bei den vorteilhaften Ausgestaltungen des Verfahrens zum Aufheizen von Flüssigkeit mit den Merkmalen der Patentansprüche 7 bis 11 wird der Aufheizvorgang gemäß der ersten Alternative beschrieben. D.h., hier wird das gesteuerte Aufheizen näher ausgeführt, wenn ΔT_{sz} gleich ΔT_{klein} ist.

Die vorteilhaften Weiterbildungen des Verfahrens mit den Merkmalen der Patentansprüche 12 bis 15 beschreiben den Aufheizvorgang gemäß der zweiten Alternative, d.h. das geregelte Aufheizen mittels elektronischer Regelung.

Bei dem vorteilhaften Verfahren zum Aufheizen von Flüssigkeit mit den Merkmalen des Patentanspruchs 12, wird mit T'_{end} die tatsächliche Temperatur des Systems bezeichnet, die sich in einem vorgegebenen Toleranzband um die Zieltemperatur T_{Ziel} einstellt.

Eine vorteilhafte Weiterbildung von Patentanspruch 12 weist die Merkmale des Patentanspruchs 13 auf. Dabei kann die Zeitspanne Δt_{sample} variabel sein. Hierdurch wird die Sample-Rate bestimmt.

Eine vorteilhafte Weiterbildung des Verfahrens zum Aufheizen von Flüssigkeit nach Patentanspruch 13 sieht die Merkmale des Patentanspruchs 14 vor. Dabei können auch mehrere Steigungswerte gewichtet und gemittelt werden.

Schließlich weist eine vorteilhafte Weiterbildung des Verfahrens nach Patentanspruch 14 die Merkmale des Patentanspruchs 15 auf. Die Temperatur T'_{end} liegt dabei in einem vorbestimmten Toleranzband um T_{Ziel} . Außerdem läßt sich daraus die Temperatur T_{end} ermitteln, bei der der Aufheizvorgang von der elektronischen Regelung beendet wird. Die Extrapolation kann beispielsweise linear erfolgen.

Weitere Ausgestaltungen und Vorteile der Erfindung werden durch die Beschreibung der Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf die beigelegten Zeichnungen erläutert. Darin zeigen:

- Fig. 1 eine perspektivische Ansicht einer Ausführungsform eines zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeigneten Wasserkochers;
- Fig. 2 ein Flußdiagramm, welches schematisch ein erfindungsgemäßes Verfahren zum Aufheizen von Flüssigkeit in einem Wasserkocher gemäß Fig. 1 darstellt;
- Fig. 3 ein Diagramm, welches den typischen Verlauf der Temperatur T über der Zeit t in einem Wasserkocher ohne Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens darstellt;
- Fig. 4 ein Diagramm, welches schematisch den Verlauf der Temperatur T über der Zeit t in einem Wasserkocher bei Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens darstellt.

Fig. 1 zeigt eine perspektivische Ansicht einer vorteilhaften Ausführungsform eines zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Aufheizen von Flüssigkeit geeigneten Wasserkochers 1. Der Wasserkocher 1 weist einen Kessel 2 aus temperaturbeständigem thermoplastischem Kunststoff auf. An den Kessel 2 schließt sich im unteren Bereich ein im wesentlichen zylindrischer Kesselunterbau 4 an, in dem ein aus mehreren Heizeinheiten aufgebautes Hezelement und eine elektronische Regelung (beide nicht gezeigt) aufgenommen sind.

An der Unterseite des Kesselunterbaus 4 ist eine scheibenförmig ausgebildete Grundplatte 3 mit kreisförmiger Grundfläche angeordnet. Die Grundplatte 3 weist einen Stromanschluß 12 und eine nicht dargestellte im Zentrum der Grundplatte 3 angeordnete Induktionskupplung zur berührungslosen Stromübertragung auf. Der Wasserkocher 1 läßt sich vollständig von der Grundplatte 3 abheben.

Am oberen Ende des länglichen leicht kegelstumpfförmigen Wasserkochers 1 ist ein Deckel 9 angeordnet, der an einer Seite eine schnabelförmige Auslauföffnung 11 zum Ausschütten der Flüssigkeit freigibt. An der der Auslauföffnung 11 gegenüberliegenden Seite des Deckels 9 ist ein Wählschalter 10 zum manuellen Vorwählen einer Zieltemperatur angeordnet. Mit

dem Wählschalter 10 läßt sich durch einen Bediener mittels Verdrehen eine auf einer Temperaturskala angegebene Zieltemperatur anwählen.

Hinter dem Wählschalter 10 ist ein Einschaltknopf 7 angeordnet. Über den Einschaltknopf 7 wird die Stromzufuhr für das Heizelement ein- bzw. abgeschaltet. Der Einschaltknopf 7 befindet sich dabei gleichzeitig am oberen Ende eines seitlich am Kessel 2 angeordneten Haltegriffs 8 in ergonomisch günstiger Position, damit er einfach von einem Daumen einer Bedienerhand betätigt werden kann.

Der Haltegriff 8 ist über einen länglichen Schaft 13 mit der Außenwand des Kessels 2 verbunden. Dabei erstreckt sich der Schaft 13 im wesentlichen über die gesamte Höhe des Wasserkochers 1, d.h. über den Kessel 2 und den Kesselunterbau 4. Der Schaft 13 dient ferner als Kabelführung für elektrische Kabel, die den Einschaltknopf 7 und den Wählschalter 10 mit der nicht dargestellten elektronischen Regelung im Kesselunterbau 4 verbinden.

Außerdem ist in Längsrichtung des Kessels 2, etwa um 90° zum Schaft 13 versetzt, eine aus transparentem Kunststoff ausgebildete Füllstandsanzeige 6 vorgesehen. Die Füllstandsanzeige 6 weist waagrechte Linien zur Anzeige eines entsprechenden Flüssigkeitsfüllstands auf. Insbesondere lassen sich an der Füllstandsanzeige 6 der minimale und der maximale Flüssigkeitsfüllstand ablesen.

Unterhalb der Marke für den minimalen Flüssigkeitsfüllstand ist in dem Schaft 13 ein Temperatursensor 5 vorgesehen. Dadurch wird sichergestellt, daß die Wassertemperatur auch bei minimalem Füllstand korrekt erfaßt wird. Der Temperatursensor erfaßt die Starttemperatur T_{start} einer Flüssigkeit, die in der Regel der Umgebungstemperatur entspricht, und die im Verlaufe des Aufheizvorgangs gemessenen Temperaturen.

Fig. 2 zeigt ein Flußdiagramm, welches schematisch ein erfindungsgemäßes Verfahren zum Aufheizen von Flüssigkeit in einem Wasserkocher gemäß Fig. 1 darstellt. Nach dem manuellen Vorwählen einer Zieltemperatur und dem Betätigen des Einschalters läuft der Aufheizvorgang vollautomatisch ab. Der Aufheizvorgang erfolgt dabei gemäß folgender Verfahrensschritte:

1. Messen der Starttemperatur T_{Start} . Die Messung erfolgt dabei über einen im oder am Kessel angeordneten Temperatursensor. Dabei richtet sich die erforderliche Dauer für die Temperaturmessung nach der Empfindlichkeit des Temperatursensors.
2. Bestimmen der Wärmekapazität C_{sys} des Systems. Die Wärmekapazität wird dabei rechnerisch aus $C_{\text{sys}} = P_{\text{el}} \cdot \Delta t / \Delta T$ bestimmt. Das Heizelement wird hierzu für nur eine kurze Zeitspanne mit Heizleistung beaufschlagt, so daß selbst bei minimaler Füllmenge die Temperatur T_{end} noch nicht erreicht wird. Nach dem kurzzeitigen Einschalten des Heizelements wird das Heizelement für eine vorbestimmte Zeit Δt_{wait} abgeschaltet. Dabei wird die Zeit Δt_{wait} so gewählt, daß die thermischen Ausgleichsprozesse in der Flüssigkeit abgeschlossen sind.
3. Berechnen einer Differenztemperatur ΔT_{SZ} aus einer vorgewählten Zieltemperatur T_{Ziel} und der gemessenen Starttemperatur T_{Start} . Der zweite und der dritte Verfahrensschritt können dabei auch vertauscht werden.
4. Falls die Differenztemperatur ΔT_{SZ} gleich der Differenztemperatur ΔT_{klein} ist, Aufheizen des Wasserkochers mit reduzierter Leistung P_{red} für eine berechnete Zeitspanne Δt_{red} ; oder
5. Falls die Differenztemperatur ΔT_{SZ} größer als ΔT_{klein} ist, geregeltes Aufheizen des Wasserkochers, wobei die Regelung eine am Temperatursensor meßbaren Temperatur T_{end} berechnet, bei deren Erreichen der Aufheizvorgang beendet wird.

Fig. 3 zeigt ein Diagramm, welches den typischen Verlauf der Temperatur T über der Zeit t in einem Wasserkocher ohne Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens darstellt. Auf der Abszisse ist dabei die Zeit t aufgetragen, wobei der Einschaltzeitpunkt des Wasserkochers mit t_{ein} und der Ausschaltzeitpunkt des Wasserkochers mit t_{off} gekennzeichnet sind.

Auf der Ordinatenachse ist die Temperatur T und hier insbesondere die gemessene Starttemperatur T_{Start} und die gewählte Zieltemperatur T_{Ziel} aufgetragen.

Im Diagramm selbst sind zum einen der tatsächliche Temperaturverlauf im Wasserkessel als Kurve **a** und der am Temperatursensor gemessene Temperaturverlauf als Kurve **b** darge-

stellt. Der am Temperatursensor gemessene Temperaturverlauf stellt sich erst nach einer Totzeit Δt_{tot} ein.

Der tatsächliche Temperaturverlauf ergibt sich dabei angenähert rechnerisch aus der Formel

$$(T_{\text{Kessel}} - T_{\text{start}}) = (P_{\text{el}} \cdot (t - t_{\text{ein}})) / C_{\text{sys}}.$$

Darin bezeichnen T_{Kessel} die tatsächlich Temperatur im Kessel, T_{start} die Starttemperatur, P_{el} die Zugeführte elektrische Heizleistung, C_{sys} die Wärmekapazität des Systems, t_{ein} den Einschaltzeitpunkt und t den Meßzeitpunkt.



Anhand des Diagramms in Fig. 3 wird deutlich, daß durch die Trägheit des Systems und durch die Trägheit des Temperatursensors die Zieltemperatur erst mit einer Verzögerung gemessen wird. Zu dem Zeitpunkt, zu dem die Maßkurve **b** die Linie der Zieltemperatur T_{Ziel} schneidet, ist im Kessel aber tatsächlich bereits mehr Energie zugeführt worden als erforderlich. Das System überschwingt, wie aus Kurve **a** hervorgeht.

Fig. 4 zeigt ein Diagramm, welches beispielhaft schematisch den Kurvenverlauf der Temperatur T über der Zeit t in einem Wasserkocher bei Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens darstellt.



Auf der Ordinatenachse ist die Temperatur T und hier insbesondere die gemessene Starttemperatur T_{Start} und die gewählte Zieltemperatur T_{Ziel} aufgetragen. Die Temperaturdifferenz zwischen der Starttemperatur T_{Start} und der gewählten Zieltemperatur T_{Ziel} wird als ΔT_{SZ} bezeichnet.

Der tatsächliche Temperaturverlauf im Wasserkessel, d.h. die Ist-Temperatur, ist wie in Fig. 3 mit **a** bezeichnet. Der am Temperatursensor gemessene Temperaturverlauf wird als Kurve **b** bezeichnet.

Außerdem ist die Totzeit Δt_{tot} , d.h. die Zeitspanne ab dem Einschalten des Wasserkochers zum Zeitpunkt t_{ein} bis zum Erfassen eines ersten meßbaren Temperaturanstiegs, der Ansprechtemperatur T_{trig} , durch den Temperatursensor dargestellt.

Die elektronische Regelung schaltet beim geregelten Aufheizen des Wassererhitzers das Heizelement ein und mißt die Zeitspanne Δt_{tot} , die vergeht, bis die Temperaturänderung am Temperatursensor mindestens eine Ansprechtemperatur ΔT_{trig} beträgt.

Ab dem Ende von Δt_{tot} wird zyklisch über einen Zeitspanne Δt_{sample} eine Temperaturdifferenz ΔT_{12} zu Beginn und nach Ablauf der Zeitspanne Δt_{sample} gemessen, wobei aus Δt_{sample} und ΔT_{12} die Steigung m_T des Temperaturanstiegs bestimmbar ist. Aus m_T und Δt_{tot} kann dann die Temperatur T'_{end} extrapoliert werden.

Lediglich aus Gründen der besseren Darstellung ist die Messung der Steigung m_T erst nach dem Zeitpunkt t_{end} dargestellt.

Zum Zeitpunkt t_{end} wird der Wasserkocher abgeschaltet. Zwar mißt der Temperatursensor zu diesem Zeitpunkt noch nicht die gewählte Zieltemperatur T_{Ziel} , jedoch hat zu diesem Zeitpunkt die elektronische Regelung bereits die Steigung m_T berechnet und die Totzeit Δt_{tot} bestimmt, anhand derer der Temperaturverlauf im System extrapoliert wird.

Patentansprüche:

1. Verfahren zum Aufheizen von Flüssigkeit für ein Gerät mit Heizelement, insbesondere einen Wassererhitzer, wobei das Gerät außerdem zumindest einen mit Flüssigkeit befüllbaren Kessel, einen Temperatursensor, eine Vorrichtung zur Einstellung der Zieltemperatur T_{Ziel} und eine elektronische Regelung aufweist, und wobei das Verfahren folgende Schritte aufweist:
Messen der Starttemperatur T_{Start} ;
Bestimmen der Wärmekapazität C_{Sys} des Systems;
Berechnen einer Differenztemperatur ΔT_{SZ} aus einer vorgewählten Zieltemperatur T_{Ziel} und der gemessenen Starttemperatur T_{Start} ;
falls die Differenztemperatur ΔT_{SZ} gleich einer geringen Differenztemperatur ΔT_{klein} ist, Aufheizen des Wasserkochers mit reduzierter Leistung P_{red} für eine berechnete Zeitspanne Δt_{red} ; oder
falls die Differenztemperatur ΔT_{SZ} größer als eine geringe Differenztemperatur ΔT_{klein} ist, geregeltes Aufheizen des Wasserkochers, wobei die Regelung eine am Temperatursensor meßbaren Temperatur T_{end} berechnet, bei deren Erreichen der Aufheizvorgang beendet wird.
2. Verfahren zum Aufheizen von Flüssigkeit nach Patentanspruch 1, wobei aus einer kurzzeitig zugeführten Heizleistung und der Differenz zwischen der Starttemperatur T_{Start} und einer Temperatur, die sich nach einer Wartezeit Δt_{wait} nach Abschalten des Heizelements einstellt, die Wärmekapazität C_{sys} des Systems bestimmt wird.
3. Verfahren zum Aufheizen von Flüssigkeit nach Patentanspruch 1 oder 2, wobei die geringe Differenztemperatur $\Delta T_{\text{klein}} < (P_{\text{max}} \cdot \Delta t_{\text{tot}} / C_{\text{sys}})$ ist, wobei P_{max} die elektrische Heizleistung des Systems ist und wobei Δt_{tot} die Totzeit ist, bis der Temperatursensor anspricht.
4. Verfahren zum Aufheizen von Flüssigkeit nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei beim geregelten Aufheizen des Wassererhitzers die am Temperatursensor gemessene Temperatur $T_{\text{end}} \leq T_{\text{Ziel}}$ ist.

5. Verfahren zum Aufheizen von Flüssigkeit nach Patentanspruch 1, wobei die elektronische Regelung das Heizelement beim geregelten Aufheizen des Wassererhitzers einschaltet und die Zeitspanne Δt_{tot} mißt, die vergeht, bis die Temperaturänderung am Temperatursensor mindestens eine Ansprechtemperatur ΔT_{trig} beträgt.
6. Verfahren zum Aufheizen von Flüssigkeit nach Patentanspruch 1, Aufteilen der Differenztemperatur ΔT_{sz} in einen oder mehrere Bereiche in Abhängigkeit vom Abstand der Zieltemperatur T_{Ziel} von der Starttemperatur T_{Start} .
7. Verfahren zum Aufheizen von Flüssigkeit nach Patentanspruch 1, wobei die reduzierte Heizleistung P_{red} so gewählt ist, daß selbst bei minimaler Füllmenge nach erstmaligem meßbarem Temperaturanstieg die Temperatur T_{end} am Temperatursensor noch nicht erreicht wird.
8. Verfahren zum Aufheizen von Flüssigkeit nach Patentanspruch 1 oder 7, wobei der Betrieb mit reduzierter Heizleistung P_{red} über ein Puls-Pausen-Verhältnis erfolgt.
9. Verfahren zum Aufheizen von Flüssigkeit nach Patentanspruch 8, wobei bei einem Puls die volle Heizleistung anliegt und in einer Pause keine Heizleistung anliegt.
10. Verfahren zum Aufheizen von Flüssigkeit nach Patentanspruch 1 oder 7, wobei das Heizelement aus mehreren Heizeinheiten aufgebaut ist und beim Betrieb mit reduzierter Leistung P_{red} zumindest eine Heizeinheit inaktiv ist.
11. Verfahren zum Aufheizen von Flüssigkeit nach Patentanspruch 1, wobei das Heizelement nur für eine kurze Zeitspanne Δt_{kurz} mit reduzierter Leistung P_{red} betrieben wird.
12. Verfahren zum Aufheizen von Flüssigkeit nach Patentanspruch 1, wobei Δt_{tot} die Zeitspanne darstellt, mit der die Temperatur T_{end} am Temperatursensor der tatsächlichen Temperatur T'_{end} des Systems hinterher hinkt.
13. Verfahren zum Aufheizen von Flüssigkeit nach Patentanspruch 12, wobei ab dem Ende von Δt_{tot} zyklisch über einen Zeitspanne Δt_{sample} eine Temperaturdifferenz ΔT_{12} zu Beginn und nach Ablauf der Zeitspanne Δt_{sample} gemessen wird.

14. Verfahren zum Aufheizen von Flüssigkeit nach Anspruch 13, wobei aus Δt_{sample} und ΔT_{12} die Steigung m_T des Temperaturanstiegs bestimmbar ist.
15. Verfahren zum Aufheizen von Flüssigkeit nach Anspruch 14, wobei aus m_T und Δt_{tot} die Temperatur T'_{end} extrapolierbar ist.

Zusammenfassung:

Verfahren zum Aufheizen von Flüssigkeit für ein Gerät mit Heizelement, insbesondere einen Wassererhitzer.

Ein Verfahren zum Aufheizen von Flüssigkeit für ein Gerät mit Heizelement, insbesondere einen Wassererhitzer, wobei das Gerät außerdem zumindest einen mit Flüssigkeit befüllbaren Kessel, einen Temperatursensor, eine Vorrichtung zur Einstellung der Zieltemperatur T_{Ziel} und eine elektronische Regelung aufweist, weist folgende Schritte auf: Messen der Starttemperatur T_{Start} ; Bestimmen der Wärmekapazität C_{Sys} des Systems; Berechnen einer Differenztemperatur ΔT_{SZ} aus einer vorgewählten Zieltemperatur T_{Ziel} und der gemessenen Starttemperatur T_{Start} ; falls die Differenztemperatur ΔT_{SZ} gleich ΔT_{klein} ist, Aufheizen des Wasserkochers mit reduzierter Leistung P_{red} für eine berechnete Zeitspanne Δt_{red} ; oder falls die Differenztemperatur ΔT_{SZ} größer als ΔT_{klein} ist, geregeltes Aufheizen des Wasserkochers, wobei die Regelung eine am Temperatursensor meßbaren Temperatur T_{end} berechnet, bei deren Erreichen der Aufheizvorgang beendet wird. Durch das erfindungsgemäße Verfahren wird beim Erwärmen einer thermischen Kapazität das thermische Überschwingen aufgrund einer zu spät abgeschalteten Heizung verhindert. Außerdem wird durch das Verfahren die zeitliche Verzögerung zwischen Einschalten der Heizung und detektierbarer Erwärmung am Sensor berücksichtigt.

(Fig. 2)

1/4

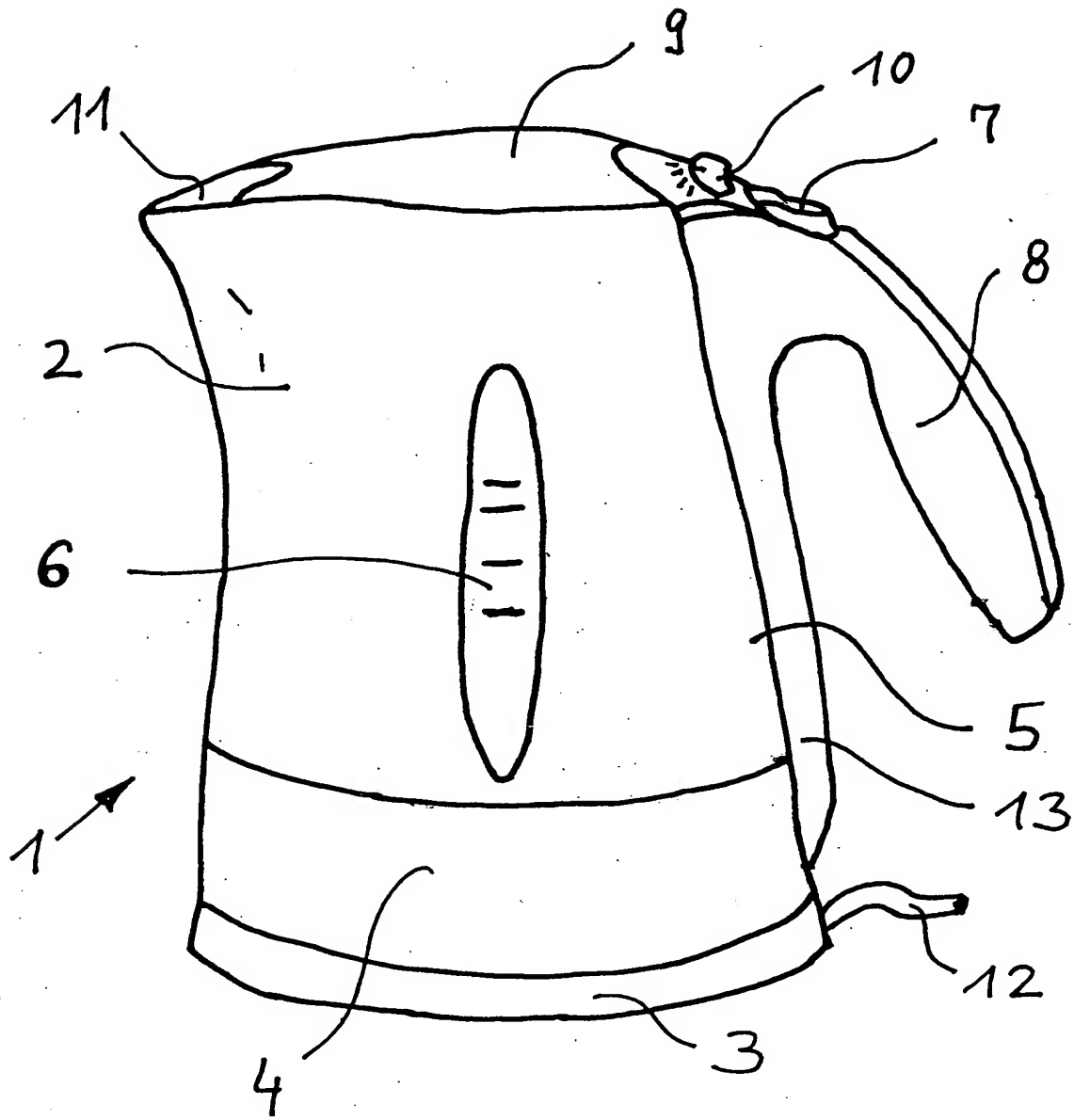
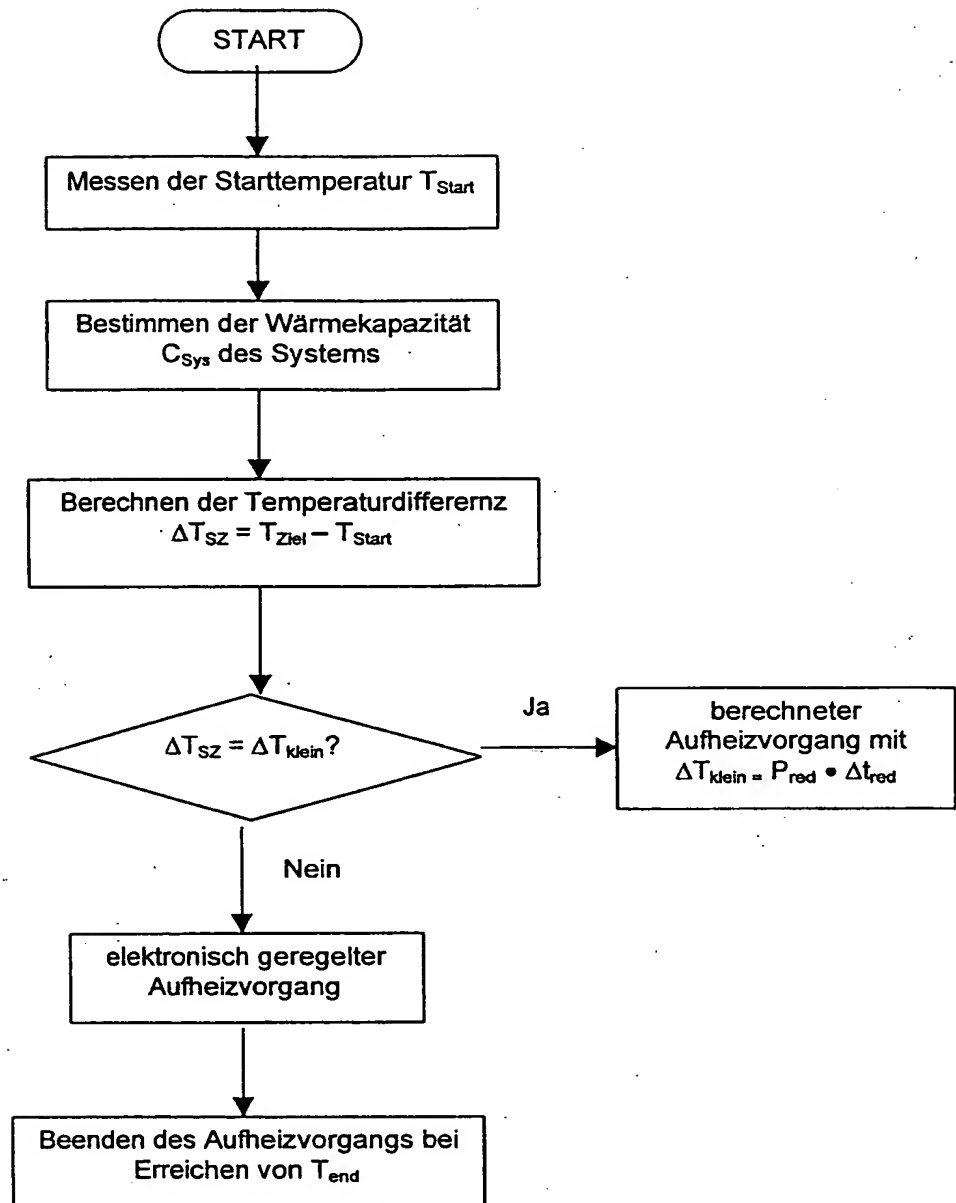


Fig. 1

**Fig. 2**

3/4

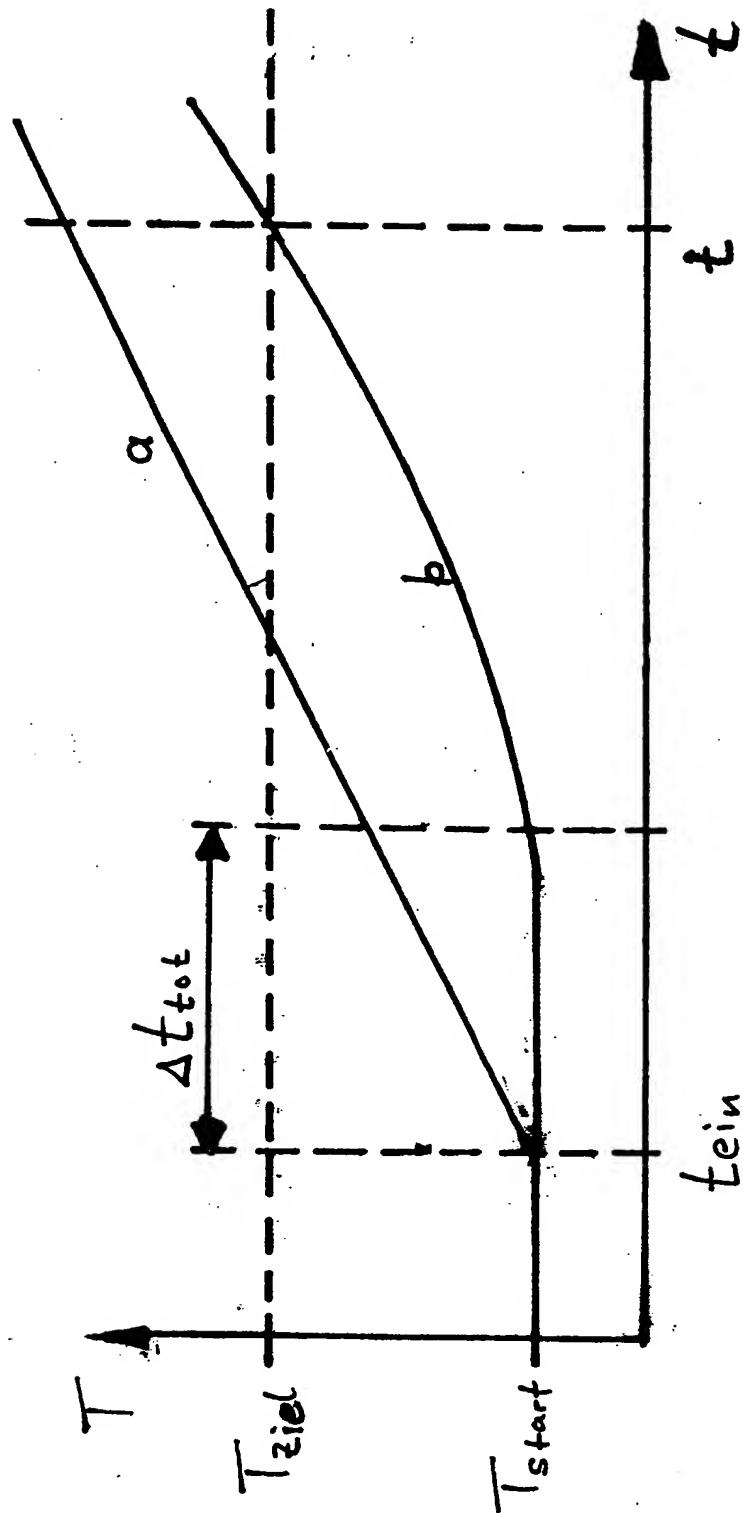


Fig. 3

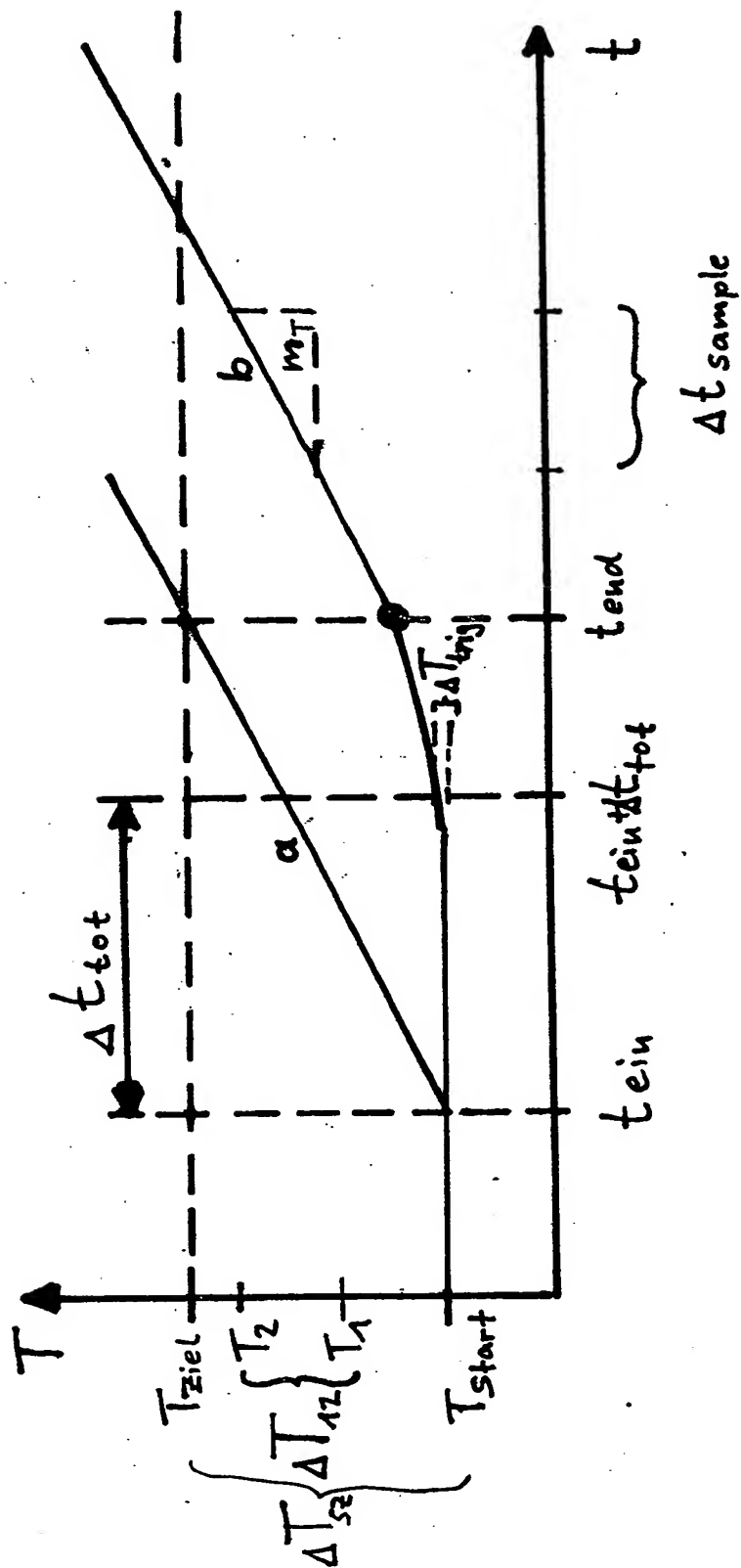


Fig. 4